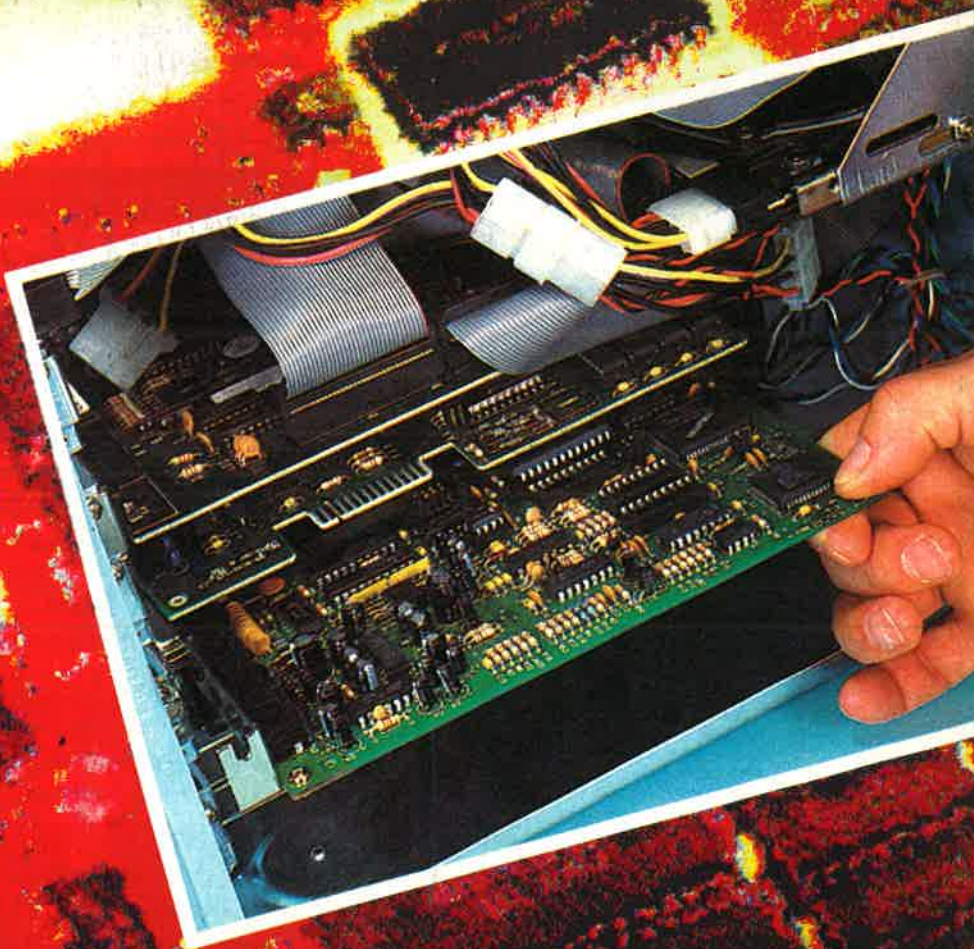
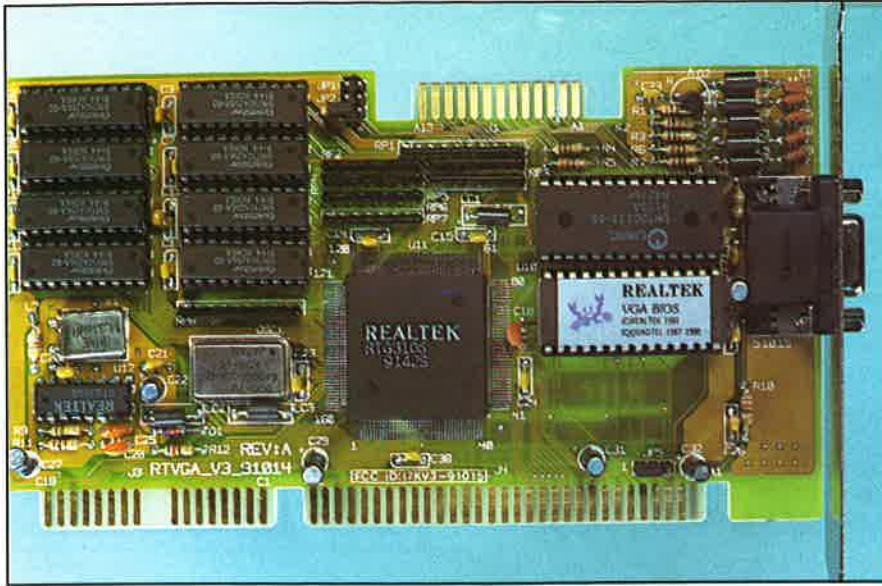
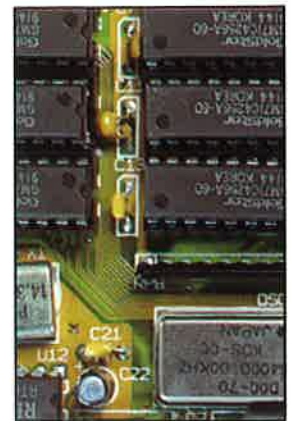
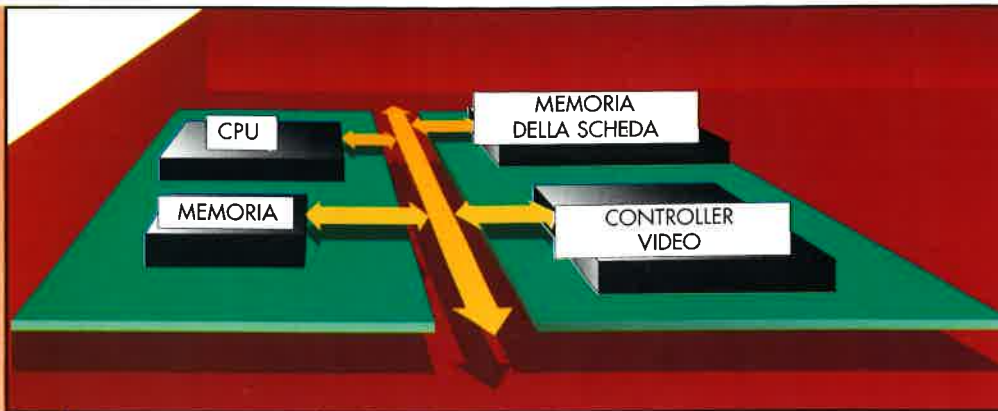
SPEDIZIONE IN ABB. POST.
GRUPPO II 70
ELETTRONICA E PC
L.9.900 Frs.17
16
HARDWARE
E PERIFERICHE
Scheda grafica VGA
CORSO
DI ELETTRONICA
DIGITALE
Circuiti monostabili
REALIZZAZIONI
PRATICHE
Alimentatore
programmabile
JACKSON
LIBRI

# SCHEDA GRAFICA VGA

**In qualsiasi sistema informatico è necessario stabilire un dialogo interattivo tra la macchina e l'utente. I mezzi che consentono di realizzare questo scambio di informazioni sono sia di tipo visivo che basati sulla scrittura.**

Il principale mezzo di comunicazione che permette di stabilire un dialogo tra il PC e l'operatore è il monitor, sul quale vengono visualizzate le diverse fasi di svolgimento del programma in uso.

Il monitor per funzionare ha bisogno di ricevere dei segnali che contengano l'informazione che si desidera visualizzare sul suo schermo. I segnali che fluiscono dal PC al monitor vengono generati dalla scheda grafica, grazie ai dati raccolti sul bus di sistema al quale è collegata tramite uno slot di espansione della scheda madre.

*Il segnale che fluisce dal PC al monitor viene generato nella scheda grafica*

*Flusso dei dati tra la scheda grafica e il processore*

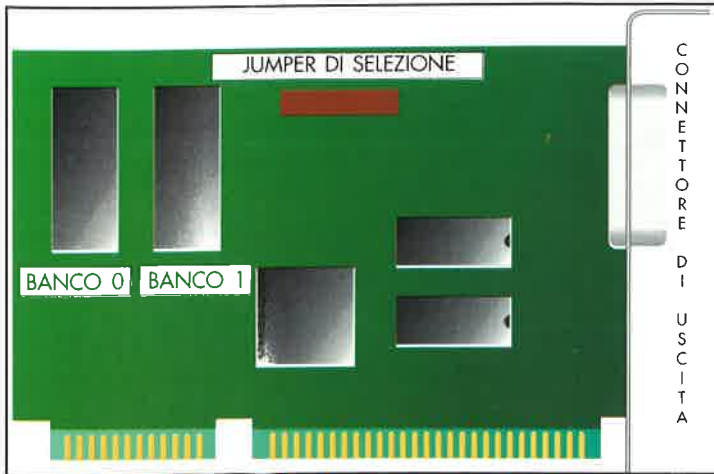
## La scheda grafica

*La scheda grafica VGA si è imposta nel mondo dei personal computer grazie alla sua migliore risoluzione*

Il suo compito è quello di inviare l'informazione proveniente dal bus dati del PC al monitor, attraverso un connettore Sub-D e un cavo di collegamento chiamato *cavo del monitor*. Le schede grafiche più diffuse sono la *CGA*, la *HERCULES*, la *EGA* e la *VGA*; attualmente le prime tre non vengono quasi più utilizzate, in quanto la scheda VGA (Video Graphic Array) si è totalmente imposta sul mercato dell'informatica grazie alla sua migliore risoluzione grafica che la rende praticamente insostituibile in certe applicazioni, quali la gestione di grafici, le applicazioni CAD-CAM, la cattura di schemi elettrici, ecc. Inoltre, grazie soprattutto alla sua larga diffusione, anche il suo costo si è notevolmente ridotto, rendendola accessibile anche al grande pubblico.

## Principio di funzionamento

La scheda grafica è composta da due parti ben distinte: il *controller video* e la *memoria di schermo*. La funzione del controller video è quella di fare da intermediario tra il processore, la memoria di schermo, il generatore di caratteri e il monitor. Inoltre, riproduce totalmente o parzialmente il contenuto della memoria di schermo a intervalli di tempo regolari, e lo trasforma in segni sequenziali adatti per il monitor. La frequenza con la quale viene riprodotto il contenuto della memoria RAM va da 50 a 70 Hz, il che significa che il contenuto della memoria RAM viene inviato al monitor da 50 a 70 volte per secondo in forma sequenziale. Oltre alla generazione della sequenza di informazioni, il controller elabora due segnali di controllo: il sincronismo verticale e il sincronismo orizzontale. Il primo rappresenta la frequenza con la quale cambiano le immagini, mentre il secondo controlla la frequenza delle linee. La memoria di schermo ha il compito di raccogliere l'informazione digitale proveniente dalla CPU. La dimensione di questa

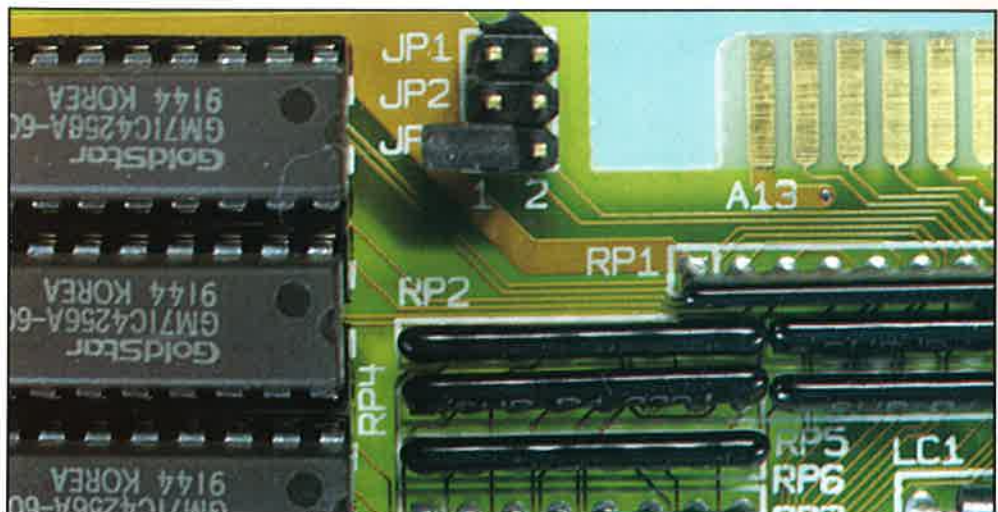
*Dettaglio del connettore della scheda VGA*

*Elementi tipici di una scheda VGA*

memoria, e la sua rapidità di scrittura e lettura, sono gli elementi che differenziano i diversi tipi di schede grafiche, poiché più rapidamente viene scritta l'informazione digitale in memoria, più rapidamente verrà letta, e ciò consente a parità di tempo di maneggiare una quantità maggiore di informazioni digitali; analogamente, maggiore è la quantità di memoria RAM presente sulla scheda e maggiori informazioni digitali possono essere gestite in ogni singolo processo di scrittura e lettura, e ciò corrisponde ad una maggiore quantità di informazioni inviate allo schermo nello stesso intervallo di tempo.

## *DIFFERENZE TRA LA SCHEDA VGA E ALTRE SCHEDE*

La scheda VGA ha una miglior risoluzione grafica rispetto alle schede video precedenti (CGA, HERCULES, EGA), ed è in grado di gestire 256 colori in una tavolozza di 262.144 tonalità diverse, caratteristica che la rende decisamente superiore rispetto alle altre schede grafiche.
La differenza principale però, sempre rispetto alle altre schede, consiste nel sistema con il quale viene trasmesso il segnale al monitor. Le altre schede grafiche che inviano al monitor segnali di tipo digitale, mentre il controller della scheda VGA invia al monitor un segnale di tipo analogico; la differenza è sostanziale, in quanto questo tipo di segnale permette di controllare in modo lineare l'intensità delle uscite RGB, a differenza di un segnale digitale che può interpretare esclusivamente i valori logici 1 e 0, corrispondenti rispettivamente ai livelli alti e bassi di tensione. Questo fa sì che i colori possano essere trasmessi con una grande varietà di tonalità, a differenza delle altre schede nelle quali viene trasmesso *rosso* (un uno) oppure *non rosso* (uno zero); la stessa cosa avviene per il verde e l'azzurro. La scheda VGA invece, può controllare il colore rosso dalla sua gradazione più scura a quella più luminosa, ottenendo con la loro stessa miscelazione una palette di colori molto ampia e, per uno stesso colore, una vasta gamma di tonalità. La trasmissione di segnali di tipo analogico verso il monitor implica che questo sia dotato di un ingresso di tipo analogico per poterli ricevere nel modo opportuno. Se questo segnale viene inviato ad un monitor RGB comune il suo schermo rimane nero, poiché questo tipo di monitor non è in grado di gestire i segnali analogici che gli invia la scheda; ciò significa che questa scheda può essere collegata esclusivamente a monitor di tipo analogico o a monitor *multifrequenza*, che sono in grado di gestire sia segnali analogici che digitali.

*La funzione del controller video è quella di agire da intermediario tra il processore, la memoria di schermo, il generatore di caratteri e il monitor*

*Tramite i ponticelli di configurazione si selezionano le diverse opzioni di funzionamento della scheda*

*Segnali presenti sul connettore Sub-D della VGA*

## Risoluzione e memoria

*L'aumento di memoria in una scheda VGA permette di migliorare il grado di risoluzione*

Attualmente si possono trovare in commercio diversi tipi di schede VGA, che si differenziano per la quantità di memoria RAM e per il livello di risoluzione.
I parametri *quantità di memoria* e *risoluzione* sono in stretta relazione tra di loro, in quanto ad una maggiore quantità di memoria corrisponde una migliore risoluzione. La quantità minima di memoria di schermo di cui viene dotata una scheda VGA è di 256 Kbyte, mentre le schede più recenti raggiungono anche i 2 Mbyte. I valori più comuni sono di 512 Kbyte o di 1 Mbyte.
L'aumento della memoria in una scheda grafica VGA corrisponde ad un aumento del livello di risoluzione. Se una scheda da 256 Kbyte di memoria può supportare una risoluzione di 640x480 punti di immagine (in inglese *pixel*), con una memoria da 512 Kbyte si ottiene una risoluzione di 1024x768 pixel con 256 colori.
Questo aumento del livello di risoluzione delle schede VGA è legato soprattutto all'evoluzione tecnologica dei monitor; inizialmente infatti, i monitor da 14 pollici non erano in grado di gestire e supportare una risoluzione di 1024x768.
Le schede che si possono trovare più facilmente in commercio sono le seguenti:
- 1024x1024 con 256 colori
- 1024x768 con 256 colori
- 800x600 con 256 colori
- 640x480 con 256 colori
- 512x512 con 256 colori

La scelta del tipo di scheda è sempre correlata al tipo di monitor di cui si dispone o che si pensa di acquistare, e al tipo di applicazioni che si dovranno eseguire con questi dispositivi.

*Banchi di memoria incaricati di ricevere i dati dalla CPU*

## Dagli otto ai sedici bit

La scheda VGA cominciò ad essere utilizzata quando si impose l'AT-Bus, vale a dire durante il periodo di transizione tra l'XT (8086, 8088) e l'AT (80286); quest'ultimo processore infatti, è in grado di gestire un bus a 16 bit anziché gli 8 bit tradizionali dell'8088.
L'aumento del numero dei bit ha permesso un incremento della velocità di ricostruzione della videata rispetto alle schede grafiche precedenti. Le schede VGA attuali sono normalmente a 16 bit, anche se ve ne sono ancora alcune a otto bit utilizzabili per gli XT.

*I circuiti integrati RTVGA BIOS e VIDEORAMDAC sono sempre molto vicini tra di loro, e rappresentano il sistema di gestione delle procedure di I/O*

*Le schede VGA sono normalmente a 16 bit, ma ve ne sono anche a 8 bit utilizzabili sugli XT*

## INSTALLAZIONE DELLA SCHEDA VGA

Dopo aver acquistato una scheda VGA è indispensabile eseguire una serie di configurazioni, per cui è necessario verificare che assieme alla scheda stessa vengano forniti anche il manuale operativo e i dischetti delle *utility per VGA*. Solo in questo modo è possibile eseguire le opportune configurazioni software per i diversi programmi applicativi, al fine di ottenere le migliori prestazioni e le risoluzioni più elevate.

Sulla scheda si possono riconoscere e distinguere facilmente le diverse parti che la compongono: i banchi di memoria RAM che generalmente sono indicati come "BANCO 0" e "BANCO 1", il circuito del controller video costituito da un integrato con molti terminali, i circuiti "VIDEO RAMDAC" e "RTVGA BIOS", e alcuni ponticelli di selezione che devono essere configurati prima di inserire la scheda nel PC.

Con questi ponticelli, o con i dip-switch, di configurazione si possono selezionare diverse opzioni che variano in funzione del tipo di scheda. Le più comuni sono:

- la velocità di scansione dello schermo, che dipende dal tipo di monitor collegato alla scheda. Con i monitor a scansione interlacciata si possono raggiungere velocità di 48 - 50 kHz
- il clock per le RAM (che normalmente sono delle DRAM)
- la quantità di memoria presente sulla scheda
- il livello di interrupt di lavoro, che può essere impostato come IRQ7 o IRQ9; IRQ9 corrisponde all'impostazione di default, ma deve essere disabilitato quando all'interno del PC è presente una scheda di rete tipo "LAN network".

## SELEZIONE DELLA MODALITÀ INTERLACCIATA O NON INTERLACCIATA (DEFAULT)

Dopo aver configurato questi ponticelli si deve procedere all'installazione della scheda in uno slot libero; questa operazione deve essere eseguita con molta cautela per non danneggiare la scheda video o la scheda madre.

Prima di procedere all'installazione si devono scollegare il PC e le eventuali periferiche dalla rete elettrica, per evitare danni dovuti alle scariche statiche.

All'interno del PC nel quale viene installata la scheda si devono impostare i DIP SWITCH che si

*Con la scheda viene fornito un disco di utility VGA che servono per ottimizzare la risoluzione*

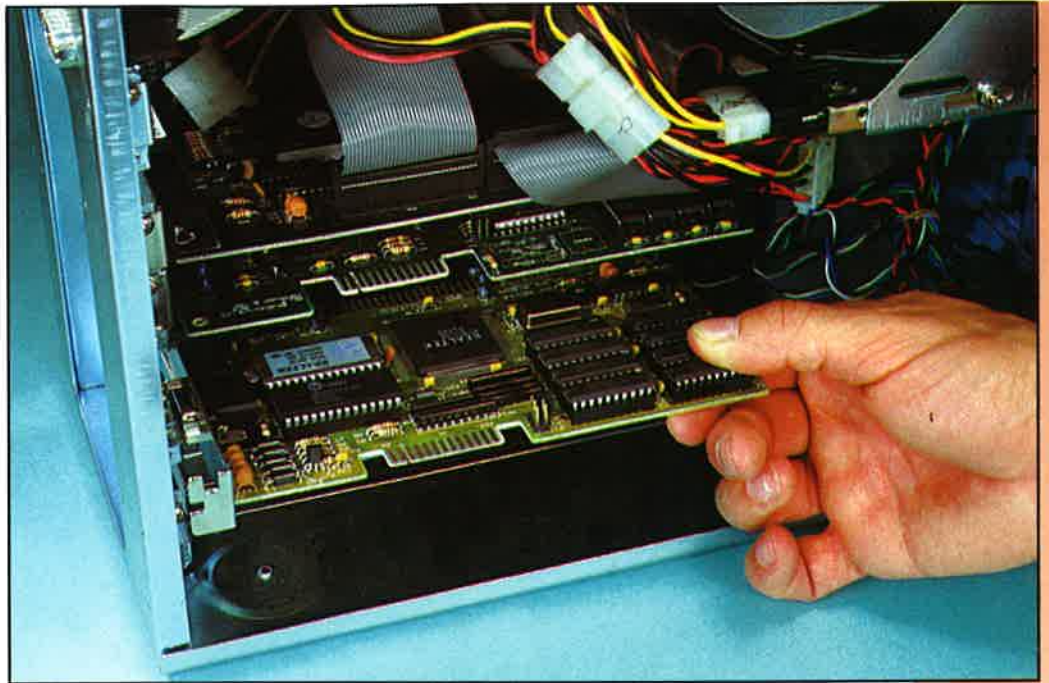
*Il connettore Sub-D a 15 terminali serve per il collegamento tra la scheda e il monitor*

trovano sulla scheda madre per la selezione della modalità colore del monitor. Per eseguire questa operazione è consigliabile fare riferimento al manuale operativo della scheda madre, in modo di agire sugli switch corretti.
Dopo aver installato la scheda bisogna collegare il cavo del monitor al connettore femmina a quindici terminali posto sul retro: su questo connettore sono presenti i segnali video analogici "RED VIDEO", "GREEN VIDEO" e "BLUE VIDEO", con i rispettivi ritorni a massa e i segnali di sincronismo verticale e orizzontale.

## Software per la VGA

Con la scheda vengono generalmente forniti uno o più dischetti contenenti delle *utility* *VGA*, che consentono di ottimizzare la risoluzione e di conseguenza la qualità dell'immagine sullo schermo. Questi floppy contengono dei file che permettono di configurare nel modo più idoneo i diversi programmi applicativi.
Tra i più diffusi si citano i seguenti:
*VMODE.EXE* - è un programma che permette di commutare la modalità video, garantendo la compatibilità delle schede VGA con le schede HERCULES, CGA ed EGA; è molto pratico perché permette di continuare ad operare con programmi che possono funzionare solamente con una di queste modalità video, come ad esempio i giochi o i programmi più vecchi, che per necessità dell'utente non possono essere abbandonati. Tramite un comando software è possibile cambiare la modalità dello schermo molto facilmente; ad esempio per passare alla modalità HERCULES monocromatica è sufficiente digitare il comando VMODEMGA, e immediatamente lo schermo commuta a questo standard grafico rendendo possibile l'impiego del programma che richiede questo tipo di modalità video.
*TANSI.SYS* - è un file che deve essere utilizzato quando il sistema operativo del PC è di una versione precedente al DOS 3.3, e deve essere inserito nel file CONFIG.SYS presente nella directory radice dell'hard disk. Questo device permette in particolare di visualizzare più di 25 righe di testo sullo schermo standard; la riga di comando da inserire nel CONFIG.SYS è la seguente:

*Per mezzo delle utility VGA si possono ottenere migliori caratteristiche di risoluzione in alcuni programmi applicativi*

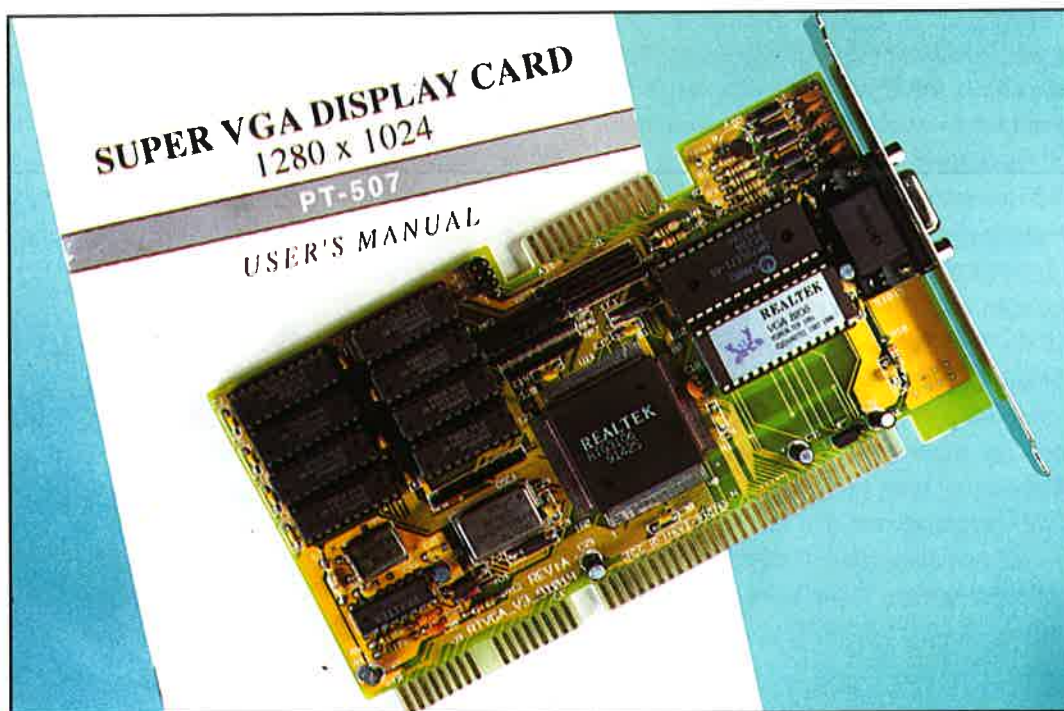
*DEVICE=TANSI.SYS*
Dopo aver modificato il CONFIG.SYS è necessario riavviare il PC per farlo lavorare correttamente con la scheda VGA.
Un altro programma, presente sul disco fornito, permette l'installazione dei *DRIVER ad alta risoluzione* specifici per diversi programmi applicativi, che aumentano la qualità e la definizione dell'immagine.
I driver ad alta risoluzione forniti sono stati sviluppati per i programmi di uso più generale, quali AUTOCAD, LOTUS 123, SYMPHONY, WORDPERFECT, WORDSTAR, WINDOWS, ecc.

*La scheda grafica VGA viene installata in uno slot a 16 bit interno al PC*

## INSTALLAZIONE

### SOFTWARE

L'installazione delle "utility VGA" è un'operazione piuttosto semplice da eseguire, e dipende dal tipo di programma a cui deve essere abbinata; nel manuale operativo fornito con la scheda VGA sono descritti dettagliatamente i passi necessari per eseguire questo intervento.

Le modalità di installazione dei driver sono diverse poiché diverso è il modo con cui questi vengono gestiti dai vari programmi applicativi.
Uno dei metodi più comuni prevede l'esecuzione di una copia del driver opportuno dal disco delle utility nella directory che contiene già i driver

*I driver per alta risoluzione sono realizzati per i programmi di maggiore diffusione*

*I manuali utente della scheda VGA sono indispensabili; per realizzare una corretta installazione e sfruttare al massimo le potenzialità della scheda devono essere letti prima di iniziare qualsiasi operazione*

*Il circuito di controllo gestisce le diverse parti della scheda VGA ed elabora i segnali di sincronismo orizzontale e verticale*

video del programma applicativo. In questo caso, dopo questa prima operazione è sufficiente riconfigurare il programma selezionando il driver ad alta risoluzione più idoneo tra quelli disponibili; un esempio di questo tipo di installazione è costituito dal programma di disegno AUTOCAD.
In altri programmi il metodo di installazione è più immediato, poiché lanciando il relativo comando eseguibile (.EXE o .BAT) presente sul disco delle utility vengono automaticamente eseguite tutte le operazioni necessarie per intervenire sul setup del programma in questione. In questo caso vengono copiati i driver nella directory opportuna, e viene avviato il programma di riconfigurazione.
A questo punto è l'operatore che deve fare le scelte opportune, selezionando il driver più idoneo alle proprie esigenze.
Come si può facilmente notare, la differenza sostanziale che esiste tra i due metodi appena descritti è dovuta al fatto che nel primo si devono eseguire tutti i passaggi uno alla volta, mentre nel secondo tutto viene eseguito in modo automatico, facilitando la procedura di installazione.

*Esistono diverse modalità per l'installazione dei driver per alta risoluzione, che dipendono dal programma applicativo al quale devono essere abbinati*

## Applicazioni tipiche

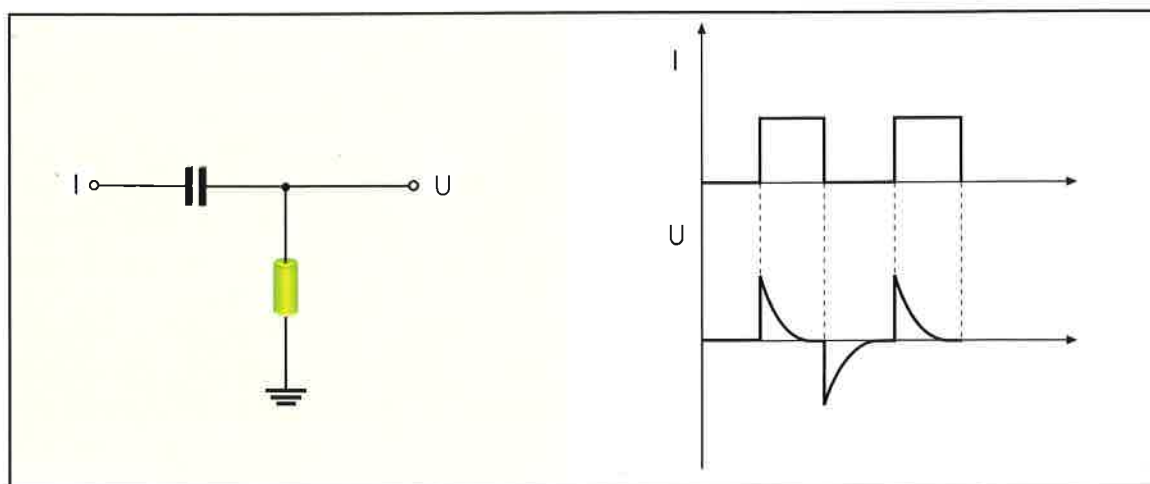
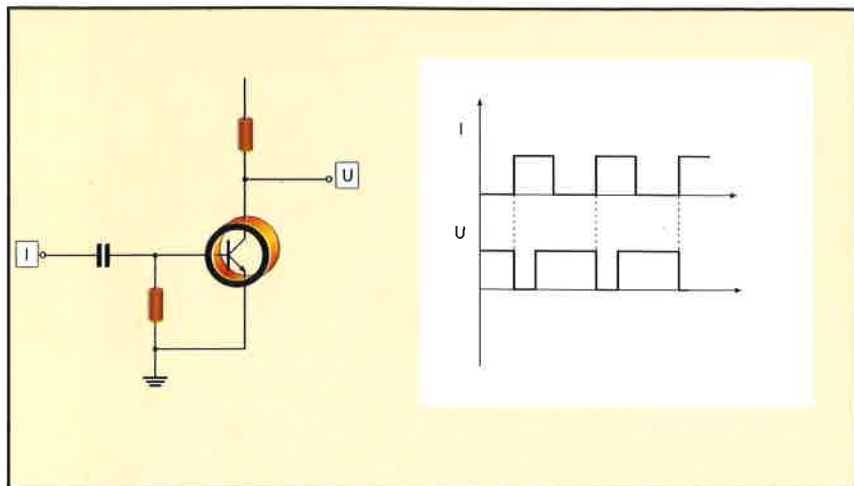
I driver ad alta risoluzione di una generica scheda VGA sono adattabili a quasi tutti i pacchetti applicativi disponibili in commercio; l'unica limitazione è dovuta al numero di driver che vengono forniti dal costruttore in abbinamento alla scheda stessa.
I driver che generalmente vengono forniti da tutti i costruttori servono per configurare i programmi più comuni, quali:
- WORDPERFECT,
- WORDSTAR,
- VENTURA,
- LOTUS 123,
- SYMPHONY,
- AUTOCAD,
- PCAD,
- EASYCAD
- WINDOWS
- WORDSTAR
- WORD
- DBASE.

# CIRCUITI MONOSTABILI

**Dopo aver descritto tutte le famiglie logiche e le principali caratteristiche dei circuiti integrati, verranno di seguito esaminati i singoli componenti che costituiscono i diversi circuiti digitali di cui è dotato un personal computer.**

Spesso è utile, quando si opera in campo logico, fare in modo che al cambio di livello di un segnale corrisponda un impulso di una certa durata. Per ottenere questa funzione si può utilizzare un semplice circuito derivatore, formato da un condensatore e da una resistenza, come illustrato nella relativa figura.

Si supponga che, inizialmente, il condensatore sia scarico; quando si verifica un aumento della tensione di ingresso, l'armatura destra del condensatore passa istantaneamente ad un livello di tensione alto, il condensatore si carica rapidamente, e sia la corrente che la tensione ai capi della resistenza decrescono in modo esponenziale fino al valore zero con una costante di tempo determinata dal prodotto RC. Il condensatore rimane quindi con l'armatura sinistra ad un livello di tensione pari a quello di ingresso, e con l'armatura destra pari alla tensione di uscita. Quando si verifica una diminuzione della tensione di ingresso, l'armatura destra passa istantaneamente al valore negativo della stessa, e successivamente il condensatore si scarica esponenzialmente attraverso la resistenza con costante di tempo uguale ad RC. Questo comportamento del circuito è illustrato dai grafici della figura corrispondente.

Partendo da questo semplice circuito è possibile ottenere dei generatori di impulsi anche molto complessi; di seguito verranno esaminati in dettaglio, iniziando dal più semplice ed elementare.

*Semplice circuito RC, che sta alla base dei circuiti monostabili, con relativo diagramma dei tempi di carica e scarica del condensatore*

*Aggiungendo un transistor ad un circuito RC si ottiene un generatore di onda quadra*

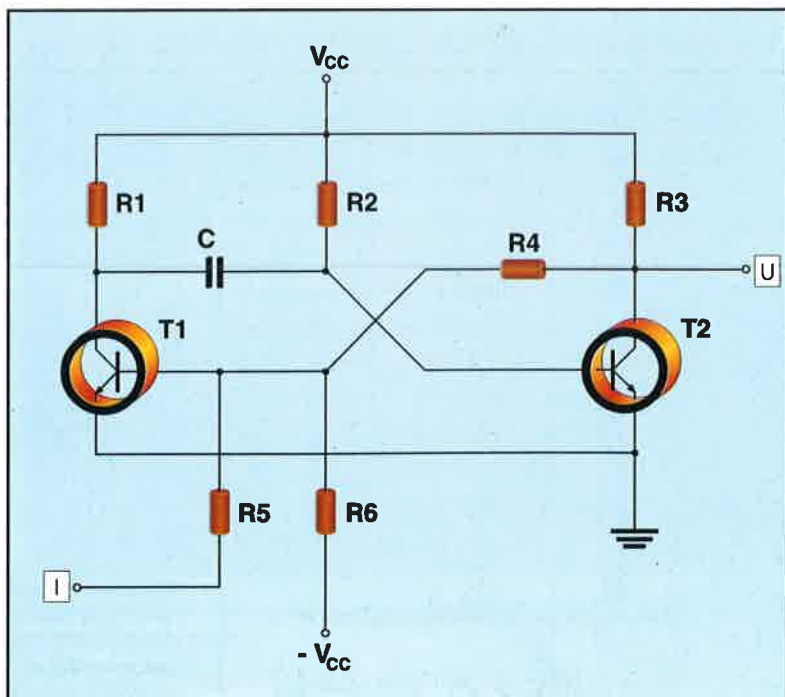
### Generatore di impulsi a transistor

Se sull'uscita del precedente circuito RC viene collegato un transistor, si ottiene un generatore d'onda quadra con tempi ON/OFF fissi che vengono generati in corrispondenza di ogni fronte di salita del segnale di ingresso. Il circuito elettrico di questo generatore, nel quale il tempo di durata dell'impulso è funzione della costante RC e della tensione di ingresso, è riportato nella figura corrispondente. In funzione dell'equazione esponenziale di carica del condensatore si possono ottenere alcuni valori rappresentativi del tempo e della tensione presenti sulla base del transistor. Se si indica con E il valore della tensione di ingresso, con C il valore del condensatore, e con R quello della resistenza, si ottiene la seguente tabella:

| TEMPO | TENSIONE DI BASE |
|---|---|
| 0,5 x RC | 0,607 x E |
| 1 x RC | 0,368 x E |
| 2 x RC | 0,135 x E |
| 3 x RC | 0,050 x E |

Come si può vedere, più sono grandi la costante RC e la tensione di ingresso, maggiore sarà il tempo impiegato dal transistor per passare in interdizione, e più lunga sarà la durata dell'impulso.

*Multivibratore monostabile a componenti discreti, nel quale lo stato stabile si verifica quando T1 è interdetto e T2 in saturazione*

### Multivibratore monostabile

Un multivibratore monostabile presenta uno stato *stabile* ed un altro *quasi stabile*. Il circuito permane nello stato stabile finché un segnale di innesco ne provoca la transazione allo stato quasi stabile.
Successivamente, dopo un certo tempo, il circuito ritorna allo stato stabile. In questo caso è stato prodotto un solo impulso, per cui il circuito viene definito *generatore di impulso* o anche *one-shot*.
Detto in altro modo, un multivibratore monostabile è un circuito che fornisce in uscita un impulso di durata costante, determinata dai valori di una resistenza e di un condensatore, quando al suo ingresso viene applicato un determinato segnale.
Il circuito risultante a componenti discreti è illustrato nella figura corrispondente. La configurazione del circuito è stata studiata in modo che lo stato stabile si ottenga con il transistor T1 interdetto e il transistor T2 in saturazione.
Applicando un impulso positivo sulla base del transistor T1 questo va in saturazione, e il condensatore, che inizialmente aveva l'armatura sinistra ad un livello di tensione pari a quella positiva di

alimentazione e l'armatura destra a 0 V, commuta la sua polarità portando l'armatura sinistra a 0 V e quella destra al valore negativo della tensione di alimentazione; questa condizione porta all'interdizione T2, e di conseguenza il livello di uscita risulterà alto.
Successivamente il condensatore si scarica attraverso R2 con un processo transitorio esponenziale. Quando l'armatura destra del condensatore raggiunge il valore di 0,7 V il transistor T2 inizia nuovamente a condurre, e con il passare del tempo si satura, per cui l'uscita ritorna a livello basso. In questa situazione anche il transistor T1 ritorna alla condizione di interdizione, e il condensatore assume i livelli di tensione iniziali; come conseguenza il circuito ritorna allo stato stabile.

*Circuito multivibratore monostabile con amplificatore operazionale*

Si può quindi dire che, in questo circuito, applicando un segnale in ingresso si ottiene in uscita un impulso la cui durata è determinata dalla costante di tempo definita dal valore del condensatore e della resistenza R2.
Un multivibratore monostabile può essere costruito anche utilizzando un amplificatore operazionale, come illustrato nella figura corrispondente, con un circuito leggermente più complesso ma molto più utilizzato nei circuiti digitali; di seguito verrà analizzato il comportamento di questo dispositivo.
Inizialmente il circuito è in condizione, o stato, stabile, con l'uscita ad una tensione pari a + V e il condensatore alla tensione del diodo D1. Se l'ampiezza della tensione di innesco è maggiore del prodotto tra il guadagno dell'amplificatore e + V meno la caduta di tensione sul diodo, l'uscita del comparatore si

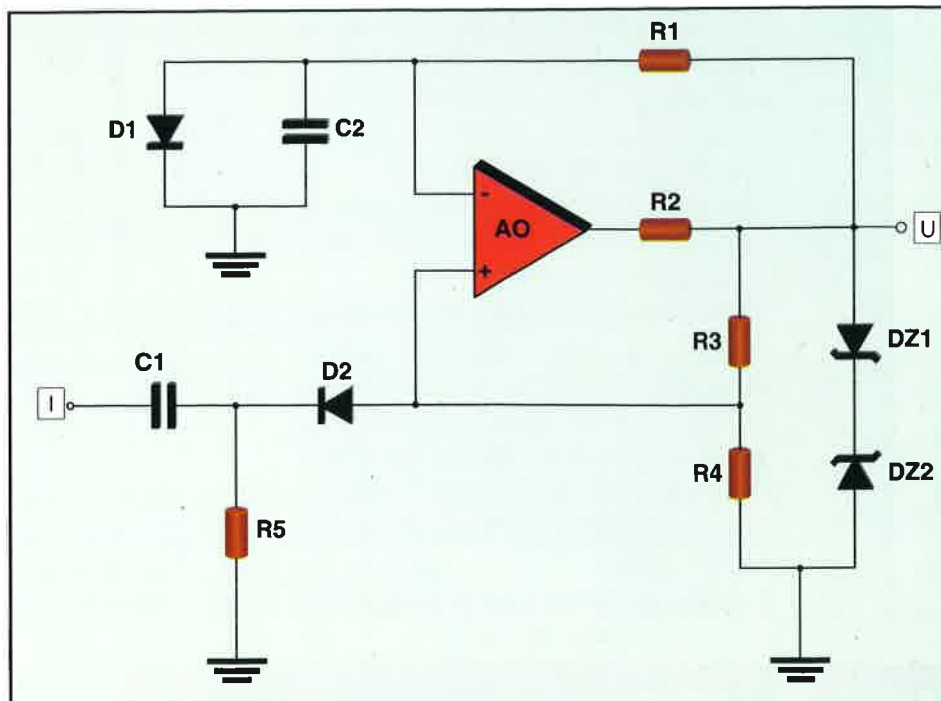
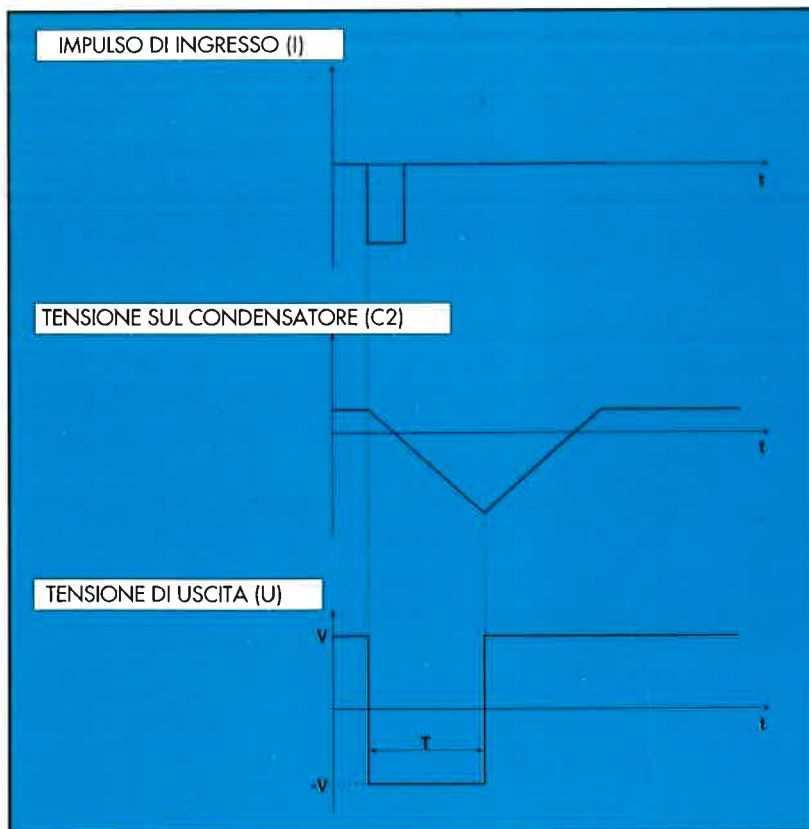
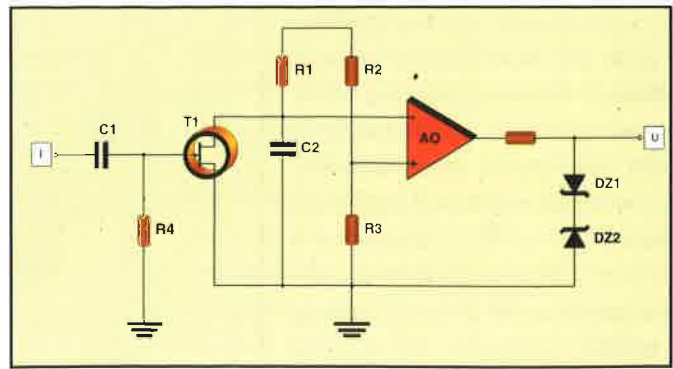
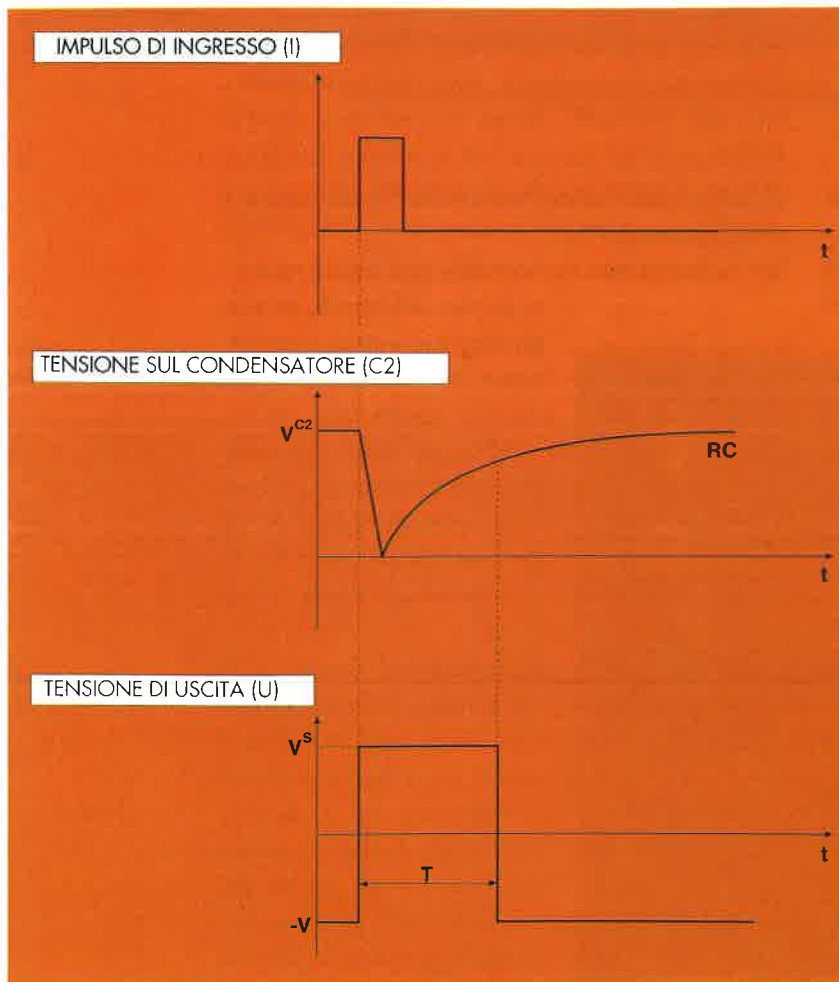
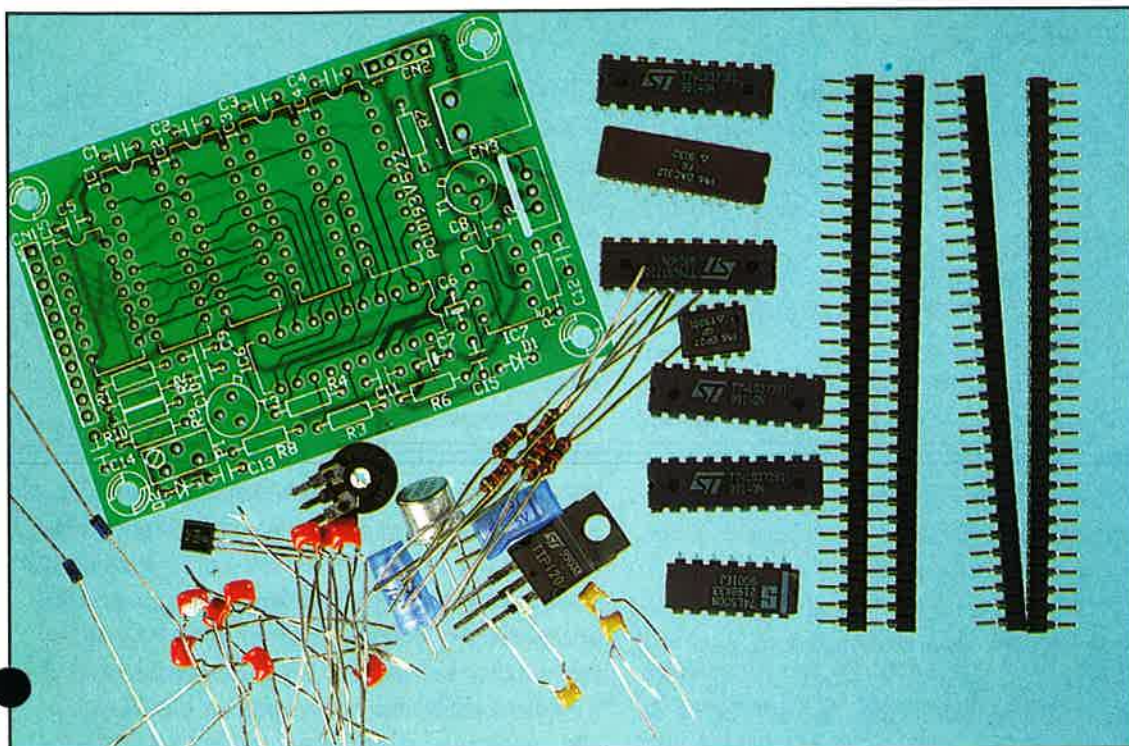



*Diagramma dei tempi del circuito monostabile con amplificatore operazionale*

porta ad una tensione - V. Osservando il diagramma dei tempi corrispondente, si può notare che il condensatore C2 tende a caricarsi fino al valore - V in modo esponenziale attraverso R1, con una costante di tempo definita dal prodotto R1xC2, poiché il transistor D1 risulta polarizzato inversamente.
Quando la tensione ai capi del condensatore C2 diventa più negativa del guadagno per - V, l'uscita del comparatore ritorna a + V; il condensatore C2 tende quindi a caricarsi al valore + V attraverso R1 finché raggiunge il valore della caduta di tensione sul diodo D1. Il circuito a questo punto rimane stabile.
L'ampiezza dell'impulso di innesco deve essere molto inferiore della durata dell'impulso generato. Il diodo D2 non è indispensabile, ma serve per prevenire inneschi indesiderati se sulla corrispondente linea si presentano picchi di tensione positivi.

*Circuito multivibratore monostabile con reinnesco*

Poiché in questo circuito il singolo innesco genera un'onda rettangolare, che inizia ad un istante di tempo ben definito e che può essere utilizzata per pilotare altre parti del sistema, viene chiamato anche *circuito di innesco*. Inoltre, poiché l'innesco di ingresso provoca una transizione rapida in un tempo predeterminato, viene anche chiamato *circuito ritardatore*.
Bisogna sottolineare che la tensione del condensatore raggiunge il suo valore di riposo in un tempo superiore alla durata dell'impulso generato.
Pertanto, esiste un tempo di recupero, pari alla differenza tra i due tempi, durante il quale il circuito non può essere nuovamente innescato.
Questo significa che un innesco di sincronizzazione deve essere ritardato rispetto all'impulso di ingresso precedente di un tempo perlomeno pari a quello impiegato dal condensatore per raggiungere il suo valore di riposo.
Esistono comunque altri circuiti nei quali è possibile evitare questo tipo di inconveniente; questi circuiti vengono definiti *multivibratori monostabili reinnescabili.*

*Forme d'onda della tensione sul condensatore e della tensione di uscita in un multivibratore monostabile con reinnesco*

# ALIMENTATORE PROGRAMMABILE

**Spesso, mentre si sta eseguendo una determinata esperienza su di un circuito elettronico, è necessario avere a disposizione una sorgente di alimentazione regolabile che consenta rapide e precise variazioni della tensione difficilmente ottenibili con un alimentatore controllato manualmente.**

L'alimentatore programmabile attraverso la porta Centronics che viene proposto in queste pagine può risolvere questi problemi, ma può anche essere utilizzato come un classico alimentatore variabile per alimentare i circuiti elettronici che il lettore ha intenzione di realizzare.

*L'alimentatore proposto viene programmato attraverso la porta Centronics*

## *DESCRIZIONE DEL CIRCUITO*

Osservando lo schema elettrico generale si possono distinguere le diverse parti che compongono gli elementi circuitali dell'alimentatore:

*Il controllo del caricamento dei bistabili avviene tramite i due bit più significativi del dato ricevuto*

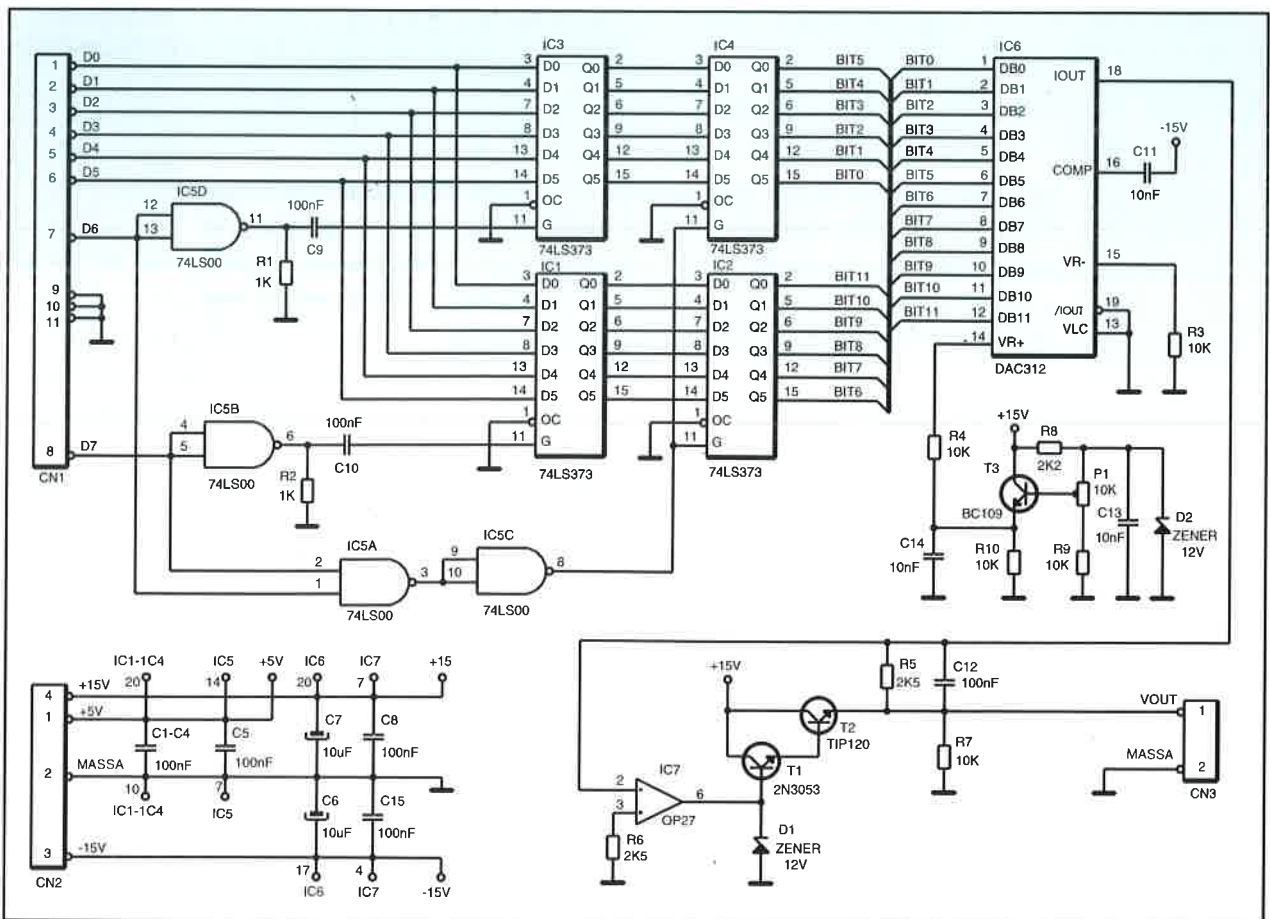
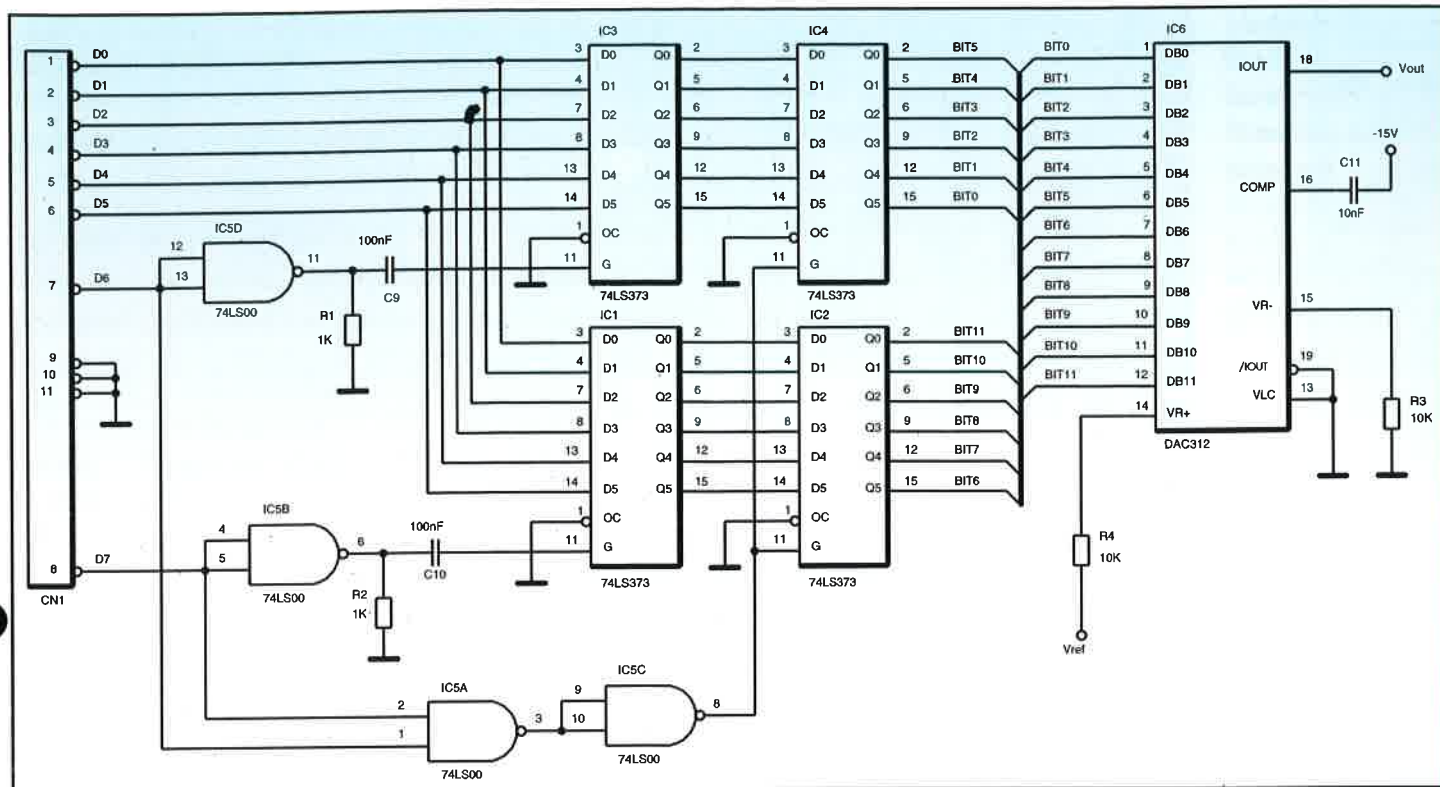
- *interfaccia:* è il dispositivo che ha il compito di stabilire la comunicazione con la porta Centronics del PC e di memorizzare i dati ricevuti in modo che questi possano essere utilizzati per il circuito regolatore,
- *regolatore:* è il dispositivo che, con dati forniti dall'interfaccia, controlla la tensione di uscita dell'alimentatore,
- *generatore della tensione di riferimento:* controlla il margine dinamico del convertitore digitale-analogico del circuito regolatore.

Ciascuna di queste componenti verrà di seguito esaminata singolarmente.

## L'INTERFACCIA

Come detto in precedenza, la sua funzione è quella di ricevere i dati inviati dal PC e memorizzarli per controllare il regolatore di tensione. Per realizzare questa funzione utilizza alcune porte NAND (74LS00), che agiscono come decodificatori, e due gruppi con due registri a otto bit (74LS373) nei quali vengono memorizzati i dati ricevuti.

Se si osserva lo schema elettrico relativo a questa parte del circuito, si può notare che i segnali di controllo della porta parallela sono collegati a massa, in modo che i dati inviati dal PC giungano sempre all'interfaccia senza che sia necessario variarne gli stati; ciò permette una riduzione del numero di componenti necessari per il funzionamento del circuito. Il controllo del caricamento dei bistabili avviene tramite i due bit più significativi (D6-D7) del dato ricevuto, che sono direttamente collegati alle porte NAND. Se il dato ricevuto si presenta con un livello alto sul pin D6 e un livello basso sul pin D7 i sei bit rimanenti vengono memorizzati nel registro IC3. Se la combinazione è inversa, e cioè D6 a livello basso e D7 a livello alto, vengono invece memorizzati in IC1. Se entrambi i bit si trovano a livello alto, i sei bit memorizzati in IC3 vengono trasferiti ad IC4 e i sei

*Nello schema elettrico generale si può osservare la semplicità degli elementi circuitali dell'alimentatore*

*Il controllo del caricamento dei registri viene realizzato con delle porte NAND*

bit memorizzati in IC1 ad IC2. Ciò significa che per generare una variazione nel valore della tensione di uscita dell'alimentatore si devono inviare tre dati consecutivi. Il primo dato, con D6=1 e D7=0, permette il caricamento dei sei bit meno significativi, dei dodici che raggiungono il convertitore, in IC3; il secondo dato, con D6=0 e D7=1, abilita il caricamento dei restanti sei bit. Il terzo dato, con D6=1 e D7=1, provoca il trasferimento dei dodici bit a IC2 e IC4. Alle loro uscite è collegato il convertitore digitale/analogico.
Per far sì che il trasferimento dei dati tra i bistabili avvenga in modo corretto bisogna ritardare i segnali di caricamento di IC1 (terminale 11 di IC5) e IC3 (terminale 6 di IC5) rispettivamente tramite R1-C9 ed R2-C10.

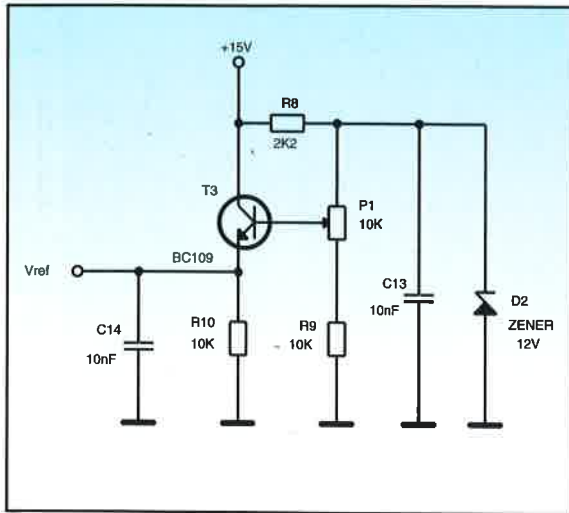
## *IL REGOLATORE*

L'elemento fondamentale del regolatore (e dell'alimentatore in se) è il convertitore digitale-analogico ad alta velocità con risoluzione a dodici bit DAC312. Questo integrato combina un convertitore principale a nove bit con un generatore di segmenti a tre bit (i più significativi) per ottenere un convertitore di precisione a 12 bit. Il tempo di risposta (tempo che trascorre da quando i dati sono presenti sull'ingresso fino a quando l'uscita è stabile) è di 250 ns, il suo assorbimento è di circa 225 mW, e può essere pilotato direttamente da tutte le famiglie logiche abitualmente utilizzate (TTL, CMOS, ECL). Questo integrato è particolarmente indicato per circuiti di conversione analogico-digitale, per sistemi di acquisizione dati, per schede video, per apparecchiature di misura e per altre applicazioni nelle quali è richiesto un basso assorbimento e una certa versatilità di ingresso/uscita. L'uscita di corrente del DAC312 è data dal prodotto del suo ingresso digitale per la corrente di riferimento, il cui valore deve essere di circa 1 mA. Il massimo valore della corrente di uscita è determinato dalla corrente di riferimento:

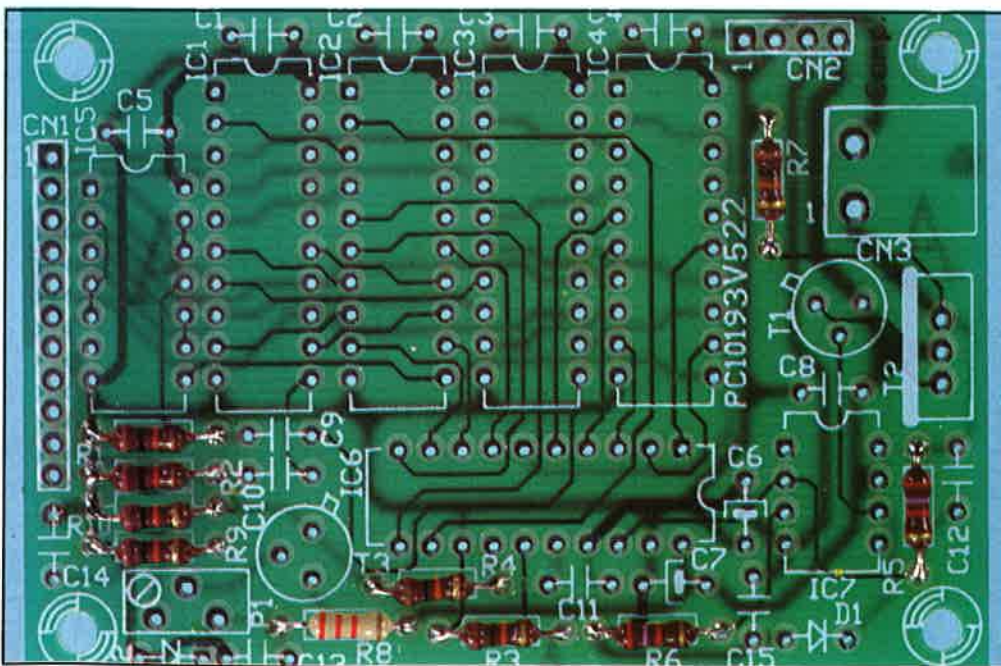
$$I_{fr} = (4095/4096) \times 4 \times I_{ref}$$

Per ottenere la corrente di riferimento si utilizza un generatore di tensione costante (generatore della tensione di riferimento), che deve essere collegato all'ingresso VR+ (terminale 14 del DAC) tramite

*Per ottenere la corrente di riferimento si utilizza un generatore di tensione costante*

*Questo circuito è dotato di due uscite di corrente*

*La precisione e la stabilità del generatore di tensione di riferimento è fondamentale per il corretto funzionamento del convertitore digitale-analogico*

una resistenza il cui valore determina il valore di Iref. Poiché in questa applicazione si utilizza un riferimento positivo, l'ingresso VR- deve essere collegato a massa tramite un'altra resistenza.
Questo circuito è dotato di due uscite di corrente, IOUT e /IOUT (terminali 18 e 19 rispettivamente). Si ricorda che il simbolo / ha il significato di negazione, per cui si intende che /IOUT equivale a IOUT negato. Il rapporto esistente tra queste due correnti è il seguente:

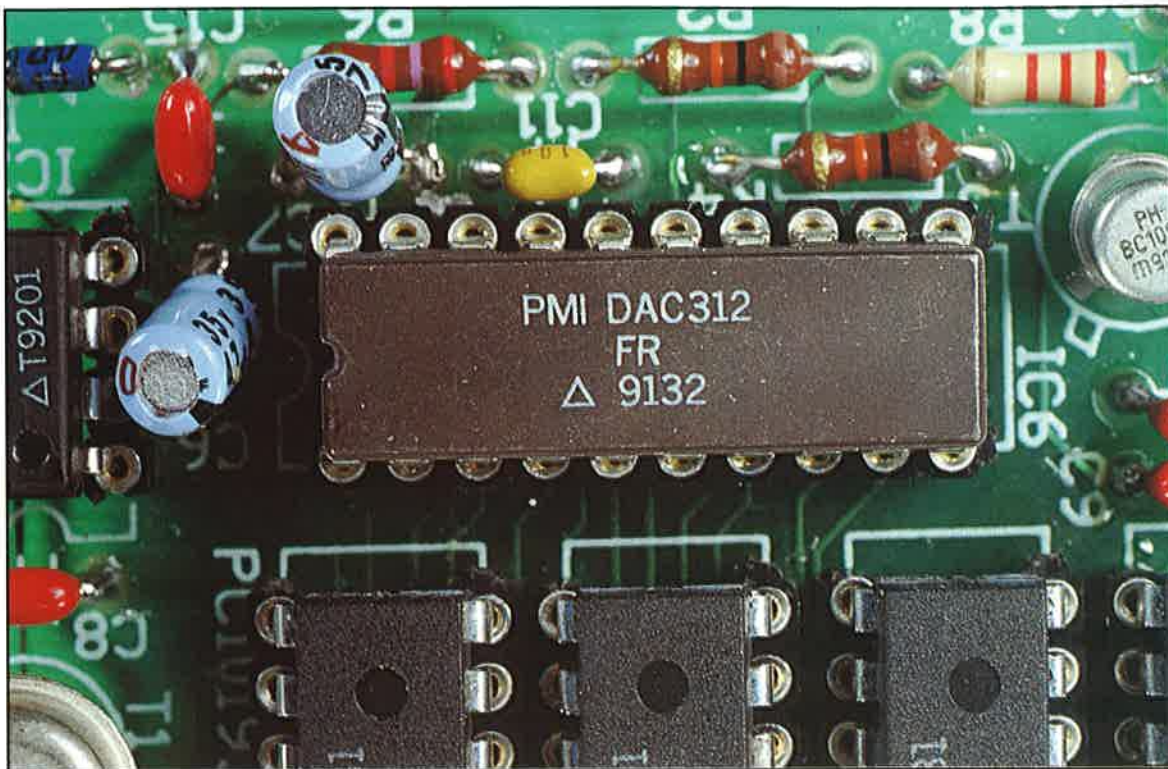
$$IOUT + /IOUT = I_{fr}$$

La corrente sull'uscita varia dal valore 0 al valore di fondo scala in funzione dell'ingresso digitale applicato, mentre /IOUT varia in modo opposto. Questo significa che se viene utilizzata l'uscita IOUT si opera in logica positiva, mentre se viene utilizza /IOUT si opera in logica negativa. Le due uscite possono essere impiegate contemporaneamente, ma se una delle due non viene utilizzata deve essere collegata a massa. Nel progetto in esame si sfrutta solo l'uscita IOUT, per cui il terminale 19 viene collegato a massa.
Dopo aver descritto le caratteristiche fondamentali del convertitore digitale-analogico, viene di seguito esaminato il funzionamento del regolatore. Quando il PC invia il terzo dato (D6=1 e D7=1), i 12 bit memorizzati dall'interfaccia vengono trasferiti sui 12 ingressi del convertitore digitale-analogico. La corrente di uscita del convertitore assume il valore corrispondente agli ingressi applicati, come si vedrà in seguito, e lo invia al convertitore corrente/tensione realizzato con l'amplificatore operazionale OP27, le resistenze R5 e R6, e il condensatore C12. La tensione presente sull'uscita dell'operazionale raggiunge la base di T1, che pilota T2 collegato in configurazione Darlington; l'uscita dell'alimentatore viene prelevata sull'emettitore di quest'ultimo transistor. Il diodo Zener posto sull'uscita dell'amplificatore operazionale (D1) ha il compito di limitare la tensione applicata sulla base di T1 a 12 V, in modo tale che il massimo valore di uscita, con alimentazione ± 15 V, sia di circa 10.8 V. La corrente di uscita del DAC312 è determinata dal prodotto dell'ingresso digitale per la corrente di riferimento, in accordo ai rapporti che seguono.
*Dai sei bit meno significativi (da 0 a 5) si ottiene*

$$Ia = (BIT0 + 2xBIT1 + 4xBIT2 + 8xBIT3 + 16xBIT4 + 32xBIT5) x I_{ref};$$

*dai sei bit più significativi (da 6 a 11) si ottiene:*

$$Ib = (64xBIT6 + 128xBIT7 + 256xBIT8 + 512xBIT9 + 1024xBIT10 + 2048xBIT11) x I_{ref}.$$

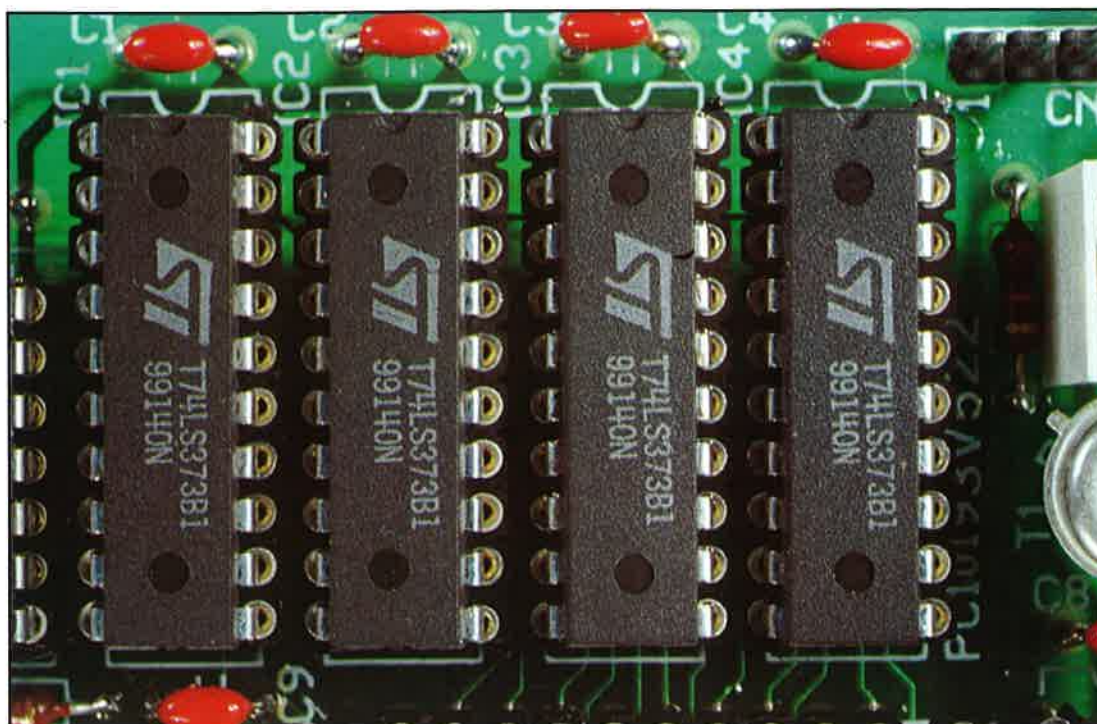
*I componenti che per primi devono essere montati sul circuito sono le resistenze e i condensatori*

*Il convertitore digitale-analogico (DAC312) è l'elemento principale dell'alimentatore programmabile*

*L'uscita del DAC può variare tra 0 e il valore di fondo scala con 4096 gradini*

La corrente finale sull'uscita corrisponde alla somma delle due:
IOUT = Ia + Ib
Con un ingresso a dodici bit, la corrente di uscita del DAC, e pertanto la tensione di uscita dell'alimentatore, può variare tra il valore 0 e quello di fondo scala con 4096 gradini. Se il massimo valore che l'alimentatore può erogare è di 10,8 V, ciascun gradino rappresenta una variazione di 2,6 mV; ciò vuol dire che la commutazione da livello basso a livello alto del bit meno significativo rappresenta un incremento della tensione di uscita di 2,6 mV, che corrisponde anche alla massima deviazione che si può verificare rispetto al valore desiderato.

## Generatore della tensione di riferimento

Come si è già detto, il convertitore digitale-analogico richiede una tensione di riferimento che determini la sua corrente massima di uscita. Il valore di questa tensione deve essere il più preciso e stabile possibile, poiché una sua qualsiasi variazione provoca anche una variazione del valore di tensione previsto all'uscita del convertitore.
Per generare questa tensione di riferimento si utilizza un transistor NPN (BC109) con un circuito di polarizzazione fissa. La tensione applicata sulla base di T3 può essere variata tra 12 V (determinati dal diodo zener D2) e 6 V per mezzo del potenziometro P1; questa regolazione provoca una variazione della tensione sull'uscita del circuito di riferimento (emettitore di T3) compresa tra 11,4 e 5,4 V circa.
La corrente di riferimento del DAC è determinata dalla tensione presente sull'emettitore di T3 e dalla resistenza R4. Se questa corrente ha il valore di 1 mA, e la resistenza R4 ha un valore di 10 kΩ, la tensione presente sull'emettitore di T3 è di circa 10 V (l'incertezza è dovuta alla tolleranza di R4).
Questo circuito richiede l'utilizzo di una sorgente di alimentazione esterna in grado di fornire una tensione di + 5 V per il funzionamento dell'interfaccia, e una tensione di ± 15 V per i rimanenti elementi circuitali. La tensione di + 5 V serve per alimentare cinque circuiti integrati TTL, per i quali non è richiesta una erogazione troppo elevata di corrente. La tensione di - 15 V è destinata esclusi-

*Quando si monta il dispositivo bisogna ricordarsi che il circuito stampato è a doppia faccia con fori non metallizzati*

*I dati memorizzati nei registri controllano la tensione di uscita del convertitore*

vamente al DAC, per cui l'assorbimento che ne deriva è limitato. La tensione di + 15 V invece, non solo deve alimentare tutti i rimanenti componenti dell'alimentatore regolabile, ma deve poter erogare anche tutta la corrente di uscita, per cui deve essere in grado di fornire una corrente di circa 600 mA. Se si desidera alimentare qualche circuito con assorbimento maggiore, è necessario sostituire il transistor di uscita (TIP120) con un altro transistor in grado di supportare correnti superiori, e utilizzare un alimentatore da + 15 V in grado di erogare la corrente necessaria.

CONTROLLO DELLA CARICA DEI BISTABILI

| D6 | D7 | BISTABILE |
|---|---|---|
| 1 | 0 | IC3 |
| 0 | 1 | IC1 |
| 1 | 1 | IC2 + IC4 |

## MONTAGGIO E VERIFICA

La prima operazione da eseguire è la classificazione del materiale in accordo con l'elenco componenti, verificando le resistenze, i condensatori, i transistor, ecc. Prima di iniziare la saldatura dei componenti si ricorda che lo stampato è a doppia faccia con fori non metallizzati, per cui è necessario eseguire le saldature su entrambe le facce almeno su quelle isole dalle quali parte o arriva una pista dal lato componenti.
Si può iniziare montando le resistenze da R1 a R10 e i condensatori da C1 a C15, rispettando la polarità di C6 e C7. Di seguito si possono montare i diodi D1 e D2, rispettando anche in questo caso la loro polarità indicata dal riferimento serigrafato sullo stampato. Dopo questi componenti è possibile saldare i terminali torniti che servono da zoccolo per i circuiti integrati da IC1 a IC7, e i connettori CN1, CN2 e CN3, proseguendo con i potenziometri e i transistor T1, T2 e T3. Al termine si devono inserire i circuiti integrati nei rispettivi zoccoli, rispettando la posizione di montaggio indicata dalla serigrafia presente sullo stampato. Dopo aver assemblato il circuito stampato si devono realizzare i cavi necessari per i collegamenti elettrici. Per le alimentazioni esterne bisogna utilizzare un cavo quadripolare dotato di un connettore femmina a quattro poli; osservando lo schema elettrico generale si può notare che la tensione di + 5 V deve arrivare al terminale 1 di questo connettore, la massa comune delle tre alimentazioni al terminale 2, la tensione di - 15 V al terminale 3 e quella di + 15 V al terminale 4. Il collegamento con la porta parallela deve essere realizzato con un cavo per trasmissione dati a 25 poli (si può utilizzare un cavo piatto) dotato ad un estremo di un connettore femmina ad undici poli, e all'altro estremo di un connettore DB-25 maschio a 25 poli. Il collegamento deve essere eseguito in accordo con le seguenti specifiche:

- Terminale 1 di CN1 al 2 del connettore DB-25
- Terminale 2 di CN1 al 3 del connettore DB-25
- Terminale 3 di CN1 al 4 del connettore DB-25
- Terminale 4 di CN1 al 5 del connettore DB-25
- Terminale 5 di CN1 al 6 del connettore DB-25
- Terminale 6 di CN1 al 7 del connettore DB-25
- Terminale 7 di CN1 all'8 del connettore DB-25
- Terminale 8 di CN1 al 9 del connettore DB-25
- Terminale 9 di CN1 all'11 del connettore DB-25
- Terminale 10 di CN1 al 12 del connettore DB-25
- Terminale 11 di CN1 ai 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 del connettore DB-25
- Terminali 1 e 10 del connettore DB-25 cortocircuitati tra di loro

La regolazione del circuito è molto semplice: dopo averlo alimentato con tutte le tensioni necessarie è sufficiente agire sul potenziometro P1 finché sull'emettitore di T3 non è presente una tensione di 10 V. Con questa semplice operazione l'alimentatore è pronto per essere utilizzato. Si consiglia di collegarlo al PC con entrambe le apparecchiature spente, per evitare di danneggiare la porta parallela o l'interfaccia.

## *Il software*

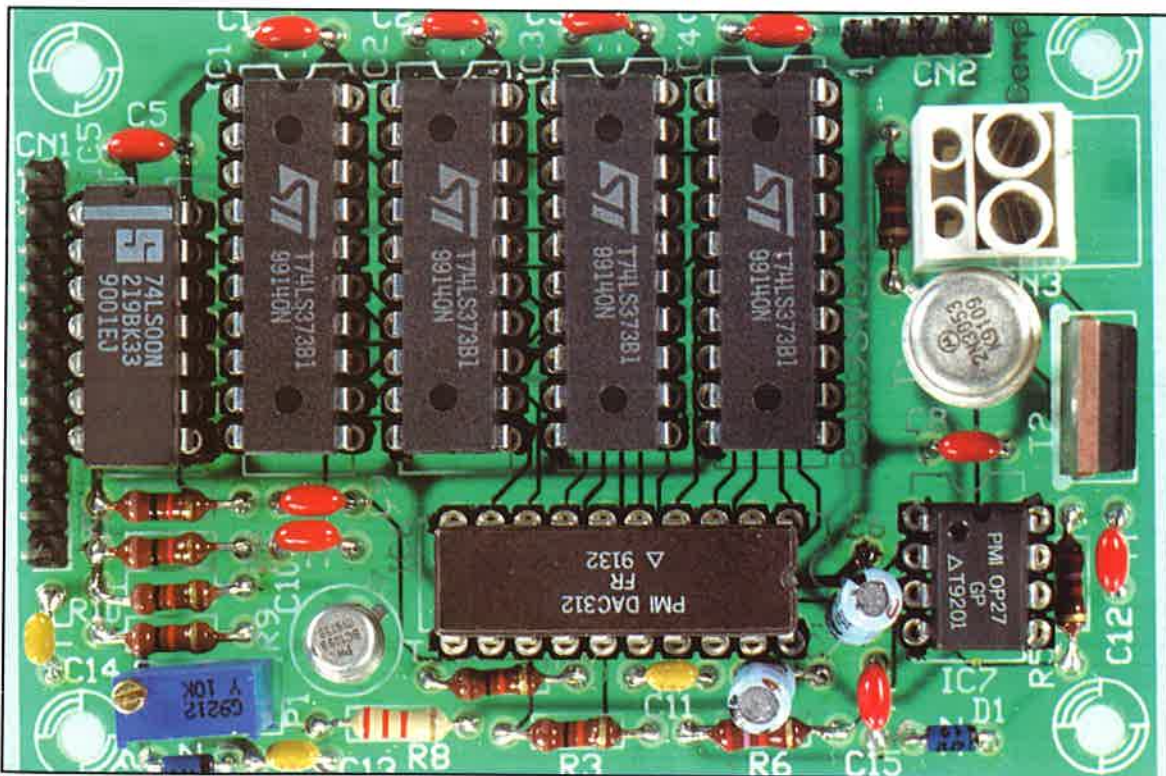
Dopo aver regolato la tensione di riferimento l'alimentatore è praticamente in grado di funzionare, per cui è necessario realizzare il controllo software scrivendo un breve programma che operi in accordo con le specifiche fornite in precedenza.

Il programma proposto richiede il valore di tensione desiderato in uscita dall'alimentatore e lo converte in una parola digitale a 12 bit; successivamente invia, tramite la porta parallela, i tre dati con la struttura descritta in precedenza.

Si noti che il primo dato trasmesso contiene i sei bit meno significativi dei dodici richiesti dal convertitore, che devono essere invertiti rispetto al loro ingresso: ciò vuol dire che D0 corrisponde al BIT5 e D5 corrisponde a BIT0. Analogamente, nel secondo dato D0 corrisponde al BIT11 e D5 al BIT6.

Un semplice programma di prova, scritto in linguaggio BASIC, potrebbe essere quello riportato nella pagina seguente:

*Il programma richiede il valore della tensione che si vuole ottenere in uscita dall'alimentatore programmabile*

*Alimentatore programmabile completamente montato*

*Elenco componenti*

**Resistenze**

R1, R2 = 1kΩ

R3, R4, R7, R9, R10 = 10 kΩ

R5, R6 = 2,5 kΩ

R8 = 2,2 kΩ

P1 = Potenziometro verticale, 10 kΩ

**Condensatori**

C11, C13, C14 = 10 nF

C6, C7 = 10 µF/25 V

C1, C2, C3, C4, C5, C8, C9, C10, C12, C15 = 100 nF

**Semiconduttori**

D1, D2 = Diodo zener da 12 V

T1 = 2N3053

T2 = TIP120

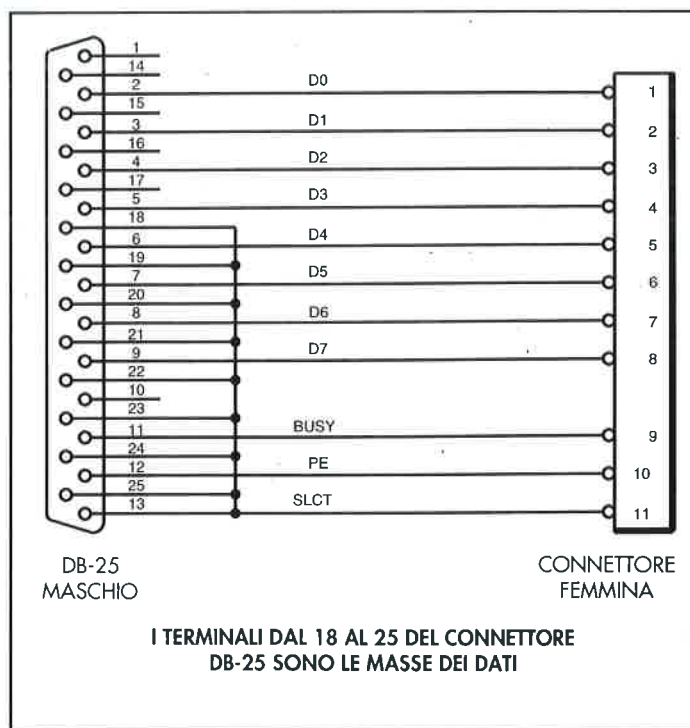
T3 = BC109

IC1, IC2, IC3, IC4 = 74LS373

IC5 = 74LS00

IC6 = DAC312

IC7 = OP27

```
10 REM PROGRAMMA DI CONTROLLO
15 REM DELL'ALIMENTATORE CENTRONICS
20 REM LE VARIABILI H, L E D MEMORIZZANO I DATI DA INVIARE
30 REM IN FORMA DECIMALE, MENTRE LE MATRICI A, B E C
35 REM CONTENGONO IL RISULTATO DELLA CONVERSIONE
40 REM DEL VALORE DELLA TENSIONE IN FORMA BINARIA
50 DIM A(8)
60 DIM B(8)
70 DIM C(8)
80 L=0
90 H=0
100 D=0
110 REM SI VERIFICA CHE IL VALORE DELLA TENSIONE
115 REM DI USCITA SIA COMPRESO NELL'INTERVALLO
120 REM DI REGOLAZIONE DELL'ALIMENTATORE
130 CLS
140 INPUT "TENSIONE DI USCITA (0-10.8 V): ",VALORE
150 IF VALORE >10.8 THEN GOTO 130
160 IF VALORE <0 THEN GOTO 130
170 REM VIENE CALCOLATO IL NUMERO DEI GRADINI
175 REM CORRISPONDENTI ALLA TENSIONE DI USCITA,
180 REM E VIENE DIVISO IN DUE PAROLE DA 6 BIT
190 REM L'MSB VIENE MEMORIZZATO NELLA POSIZIONE
195 REM PIU' BASSA (VEDERE TESTO)
200 GRADINI=INT(VALORE/0.0026367)
210 GRADINIH=INT((GRADINI-1)/64)
220 GRADINIL=INT((GRADINI-1)/64-GRADINIH)*64
230 FOR I=5 TO 0 STEP -1
240 A(5-I)=INT (GRADINIL/(2^I))
250 GRADINIL=GRADINIL-A(5-I)*(2^I)
260 NEXT I
270 FOR I=5 TO 0 STEP -1
280 B(5-I)=INT(GRADINIH/(2^I))
290 GRADINIH=GRADINIH-B(5-I)*(2^I)
300 NEXT I
310 REM SI PREPARANO I BIT 6 E 7 DI CIASCUNA PAROLA
320 REM PER CONTROLLARE IL CARICAMENTO DEI BISTABILI
330 A(6)=1
340 A(7)=0
350 B(6)=0
360 B(7)=1
370 C(6)=1
380 C(7)=1
390 FOR I=0 TO 5
400 C(I)=0
410 NEXT I
420 REM SI TRASFORMANO I VALORI OTTENUTI IN DECIMALE
430 FOR I=0 TO 7
440 L=L+A(I)*(2^I)
450 H=H+B(I)*(2^I)
460 D=D+C(I)*(2^I)
470 NEXT I
480 REM SI INVIANO IN USCITA ALLA PORTA PARALLELA I
490 REM CARATTERI ASCII CORRISPONDENTI AI VALORI CALCOLATI
500 LPRINT CHR$(L)+CHR$(H)+CHR$(D)
510 GOTO 80
```

*Collegamenti elettrici tra l'alimentatore e la porta parallela*

Il programma richiede il valore della tensione di uscita dell'alimentatore, verificando che sia compreso nell'intervallo dei valori consentiti, e prepara i dati per inviarli alla porta parallela.
Prendendo come riferimento la struttura di questo programma si possono eseguire le opportune modifiche per adattarlo alle applicazione che si desiderano. Ad esempio, è possibile far variare la tensione di uscita dell'alimentatore secondo l'andamento di una determinata funzione matematica. A tal fine si devono sostituire le linee da 140 a 180 del programma, in modo che la variabile VALORE assuma i valori della corrispondente funzione matematica.
Se si desidera generare una rampa ascendente da 0 a 10 V per gradini di 1 V, si possono aggiungere le seguenti linee al programma:

```
75 J=-1
140 J=J+1
150 VALORE=J
160 IF J=11 THEN J=0
```